

تفکیک تخلیه‌های جزئی داخلی و خارجی در آزمایش‌های پیرسازی شیشه‌های ژنراتور

مجتبی اخوات

محمد رضا نقاشان

شرکت فن‌آوران انرژی مدبر

Naghashan@yahoo.com

Mojtaba.akhavat@gmail.com

چکیده: به منظور بررسی کیفیت ساخت و مقایسه با معیارهای استاندارد در سیستم‌های عایقی شیشه ژنراتور، از آزمایش‌های پیرسازی تسریع شده استفاده می‌شود. در طی فرایند پیرسازی تسریع شده‌ی شیشه‌های ژنراتور، نیاز به بررسی روند رشد تخلیه الکتریکی جزئی داخلی شیشه می‌باشد. در این مقاله، با توجه به ایجاد تخلیه‌های خارجی در حین پیرسازی و تداخل سیگنال حاصل از آن‌ها با سیگنال‌های ناشی از تخلیه‌های داخلی، کاربرد تحلیل طیف فرکانسی سیگنال‌ها در تفکیک تخلیه‌ها مورد استفاده قرار گرفته است. کلیدواژه: تخلیه الکتریکی جزئی؛ تخلیه داخلی؛ تخلیه خارجی؛ شیشه ژنراتور؛ پیرسازی تسریع شده؛ حوزه زمان و فرکانس

۱- مقدمه

برابر ولتاژ نامی پیر شوند (شکل ۱) [۱]. در طی مدت پیرسازی، آزمایش‌هایی بر اساس استاندارد IEEE 1043 تحت عنوان آزمایش‌های میان مدت تحلیل وضعیت سیستم عایقی صورت می‌گیرند. یکی از این آزمایش‌ها، آزمایش تخلیه الکتریکی جزئی می‌باشد [۲ و ۳].



شکل ۱: آزمایش پیرسازی تسریع شده شیشه‌های ژنراتور قرار گرفته در درون شیار با چرخه کامل آب‌خنک کن، پیرسازی از طریق تزریق جریان نامی و اعمال تنش الکتریکی [۴]

نکته حائز اهمیت در بررسی نتایج تخلیه جزئی در این آزمایش‌ها این است که لزوماً باید تخلیه‌های داخلی شیشه، پایش شده و روند افزایش یا کاهش آن تعقیب گردد (شکل ۲).

در این آزمایش‌ها، اغلب به دلیل بالا بودن ولتاژ پیرسازی، تخریب لایه سیلیسیوم کارباید^۵ ناحیه اورهنگ^۵

افزایش دامنه و یا توالی یک یا چند عامل پیرسازی جهت کاهش دوره پیرسازی را پیرسازی تسریع شده^۱ می‌نامند. به منظور بررسی کیفیت ساخت و مقایسه با معیارهای استاندارد در سیستم‌های عایقی شیشه ژنراتور، از آزمایش‌های پیرسازی تسریع شده استفاده می‌شود. یکی از آزمایش‌های حین پیرسازی شیشه‌های ژنراتور که به منظور تعقیب و پایش وضعیت تجهیز مورد آزمایش صورت می‌گیرد، آزمایش تخلیه الکتریکی جزئی می‌باشد. برخلاف سایر آزمایش‌های عایقی، همچون آزمایش ضربه تلفات عایقی^۲ و آزمایش ضرایب پلاریزاسیون^۳، آزمایش تخلیه الکتریکی جزئی علاوه بر ارائه مقادیر تخلیه، قادر به تشخیص نوع عیب و چگونگی شکل‌گیری و توسعه آن در حین پیرسازی تجهیز می‌باشد.

یکی از آزمایش‌های نمونه که بر روی شیشه‌های ژنراتور صورت می‌گیرد، آزمایش پیرسازی تحت دما و ولتاژ افزایش یافته می‌باشد. مطابق استاندارد IEEE 1553 که برای آزمایش‌های پیرسازی شیشه هیدروژن‌ژنراتورها و توربوژنراتورهای گازی تعریف شده است، شیشه‌های مورد آزمایش باید طی مدت چهارصد ساعت، تحت دمای بهره‌برداری که توسط کاربر تعیین می‌شود در ولتاژ ۲/۱۷

1-Accelerated aging

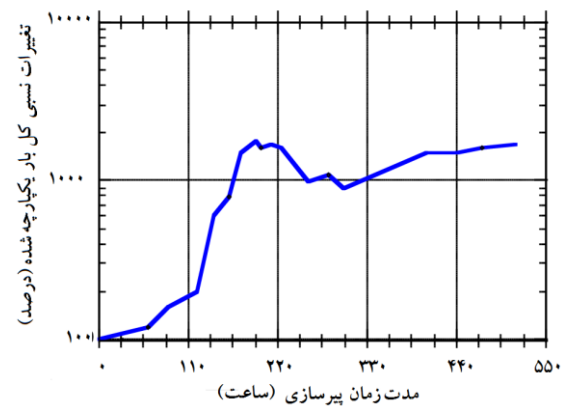
2-Dielectric dissipation factor test

3-Polarization coefficients test

4-Silicon carbide layer

5-Overhang

شینه (شکل ۳) رخ می‌دهد که در نهایت منجر به تولید تخلیه‌های خارجی در سطح شینه می‌شوند.

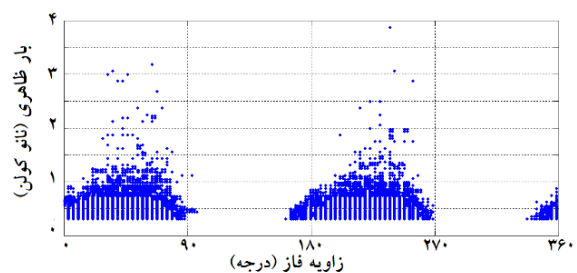


شکل ۲: نمودار تغییرات نسبی کل بار یکپارچه تخلیه الکتریکی جزئی شینه در طی مدت پیرسازی [۳]

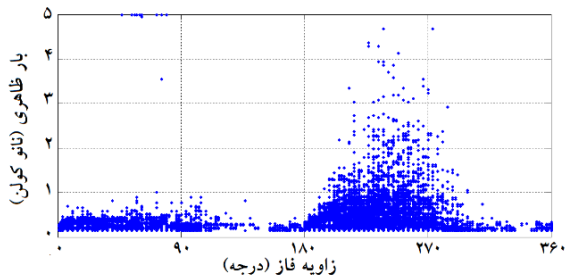


شکل ۳: قسمت لایه تنظیم میدان در انتهای شینه

شناسایی تخلیه‌های سطحی خارجی و تخلیه‌های داخلی از طریق تحلیل نمودار بار، برحسب فاز قابل انجام می‌باشد (شکل‌های ۴ و ۵)، ولی در این مرحله باید تعداد و میزان بارهای هر یک از تخلیه‌ها به دقت تفکیک شده تا نمودار تغییرات بار تخلیه داخلی شینه، مورد تحلیل قرار گیرد. همچنین از تحلیل بارهای سطحی نیز به زمان لازم جهت تجدید و یا تعمیر لایه سیلیسیوم کارباید پی برده می‌شود.

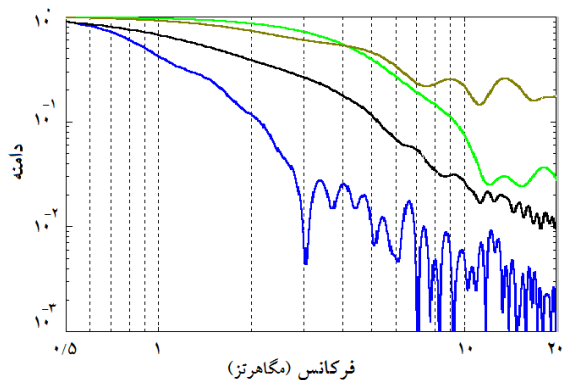


شکل ۴: نمودار توزیع بار تخلیه جزئی شینه برحسب فاز ولتاژ اعمالی، برای یک شینه حاوی تخلیه‌های داخلی



شکل ۵: نمودار توزیع بار تخلیه جزئی شینه برحسب فاز ولتاژ اعمالی، برای یک شینه حاوی تخلیه‌های توأم داخلی و خارجی

در این زمینه راهکار این است که به شناسایی تک تک سیگنال‌های تخلیه جزئی پرداخته شود. یکی از روش‌های مورد استفاده برای شناسایی سیگنال، تحلیل در حوزه فرکانس می‌باشد [۵]. آزمایش‌ها نشان داده‌اند که تخلیه‌های ایجاد شده در شینه ژنراتور می‌توانند از طریق شناسایی پهنای باند آن‌ها از یکدیگر تفکیک شوند (شکل ۶).

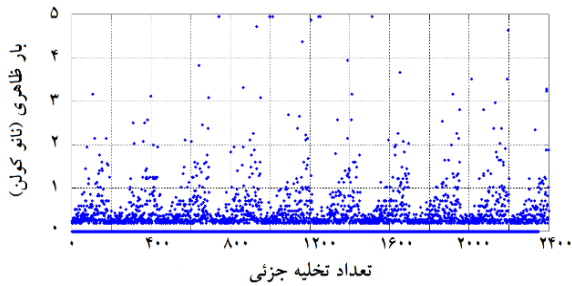


شکل ۶: طیف سیگنال‌های چهار نوع تخلیه جزئی شینه ژنراتور در حوزه فرکانس (مگاهرتز)، اندازه‌گیری شده توسط یک فیلتر باند پهن [۶]

۲- آزمایش‌ها

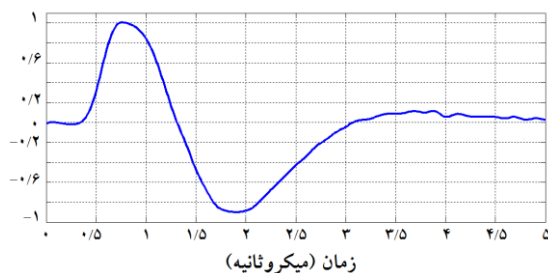
آزمایش‌های اشاره شده در این مقاله، بر روی شینه‌های هواخنک با ولتاژ نامی ۱۸ کیلوولت صورت گرفته است که متعلق به یک نیروگاه آبی بوده و ساخت یک شرکت داخلی می‌باشد.

دستگاه مورد استفاده در اندازه‌گیری تخلیه جزئی، متشکل از یک فیلتر میان‌گذر با باند گذر پنجاه الی هشتصد کیلوهرتز می‌باشد لذا به منظور بررسی امکان تمایز این دو نوع سیگنال (تخلیه‌های داخلی و خارجی انتهای شینه)، ابتدا سیگنال تخلیه خارجی در ناحیه اورهنگ شینه که توسط متخصص خبره قابل‌شناسایی



شکل ۹: نمودار تخلیه‌های ثبت شده در طی مدت دوپست میلی ثانیه

در مرحله دوم، هر سیگنال از فایل خام ثبت شده توسط کارت آنالوگ به دیجیتال دستگاه، استخراج می‌شود. شکل ۱۰ یک نمونه سیگنال دریافت شده توسط کارت آنالوگ به دیجیتال دستگاه اندازه‌گیری را نشان می‌دهد که در آن محور افقی نشان‌دهنده زمان برحسب میکروثانیه و محور عمودی نشان‌دهنده دامنه نرمال‌سازی شده می‌باشد.

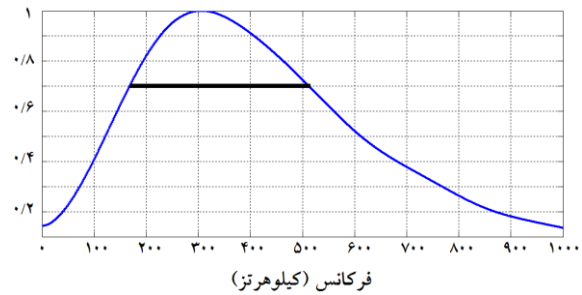


شکل ۱۰: سیگنال دریافت شده توسط کارت آنالوگ به دیجیتال دستگاه اندازه‌گیری

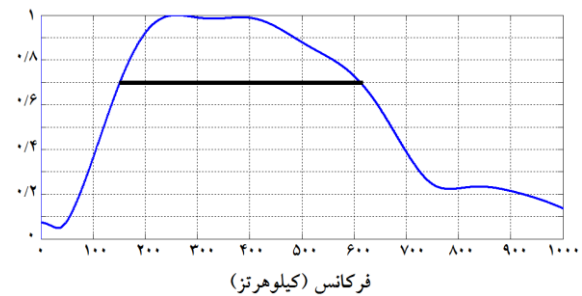
سپس این سیگنال با استفاده از نرم‌افزار MATLAB به حوزه فرکانس برده شده و پهنای باند آن اندازه‌گیری می‌شود و برحسب اندازه‌ی پهنای باند در یکی از سه دسته تخلیه داخلی، تخلیه خارجی و تخلیه نامشخص قرار می‌گیرد.

دسته‌ی تخلیه‌های نامشخص، شامل تخلیه‌هایی است که تفاوت پهنای باند آن‌ها با هر یک از دو دسته اصلی کمتر از هفتاد کیلوهرتز می‌باشد. سپس تخلیه‌های نامشخص از نظر پهنای باند در محدوده هفت صد الی هزار کیلوهرتز بررسی می‌شوند. چنانچه در این محدوده نیز دارای پهنای باند نسبی پنجاه کیلوهرتز باشند در دسته تخلیه‌های خارجی قرار می‌گیرند. با استفاده از این روند، تخلیه‌های مربوط به دو دسته اصلی ثبت و اندازه‌گیری می‌شوند (شکل ۱۱).

می‌باشد، جدا شده و طیف فرکانسی آن با طیف فرکانسی تخلیه‌های داخلی که هر دو توسط این دستگاه اندازه‌گیری شده‌اند مقایسه می‌شوند. شکل‌های ۷ و ۸ طیف فرکانسی این دو نوع تخلیه را نشان می‌دهند که در آن محور افقی فرکانس را برحسب کیلوهرتز و محور عمودی دامنه نرمال‌سازی شده را نشان می‌دهد.



شکل ۷: طیف فرکانسی سیگنال تخلیه جزئی داخلی، اندازه‌گیری شده توسط دستگاه مورد استفاده در این آزمایش‌ها

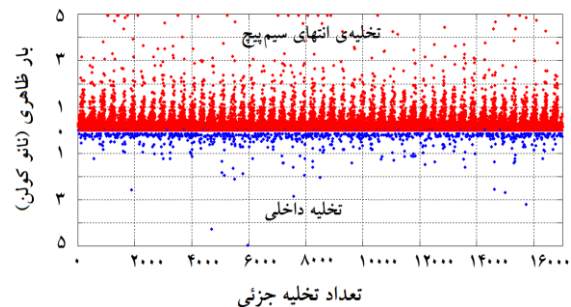


شکل ۸: طیف فرکانسی سیگنال تخلیه جزئی خارجی در ناحیه اورهنگ، اندازه‌گیری شده توسط دستگاه مورد استفاده در این آزمایش‌ها

از بررسی دو طیف فرکانسی سیگنال تخلیه جزئی داخلی و خارجی در شکل‌های ۷ و ۸، مشخص می‌شود که پهنای باند سیگنال تخلیه خارجی در ناحیه اورهنگ حدود صدوپنجاه کیلوهرتز وسیع‌تر از سیگنال تخلیه داخلی ثبت شده می‌باشد. علاوه بر این، سیگنال تخلیه خارجی در محدوده بالاتر از هفت صد کیلوهرتز مجدداً به صورت تخت درمی‌آید. لذا تصمیم گرفته می‌شود که از این دو وجه تمایز در تفکیک سیگنال‌ها استفاده شود.

برای ادامه کار از روندی که در ذیل به آن اشاره می‌شود استفاده می‌گردد.

در مرحله اول، سیگنال‌های دریافتی به ترتیب برحسب تقدم وقوع مرتب می‌شوند (شکل ۹).



شکل ۱۱: نمودار تفکیک شده تخلیه های داخلی و خارجی

همان طور که در شکل ۱۱ مشاهده می شود کلیه تخلیه های نامتقارن در دسته تخلیه های خارجی قرار گرفته اند.

۳- نتیجه گیری

به منظور تحلیل نحوه ی رشد تخلیه جزئی داخلی شینه های نیروگاهی در طی مدت پیرسازی تسریع شده، نیاز به تفکیک تخلیه های داخلی و خارجی می باشد. در این زمینه روش تحلیل سیگنال ها در حوزه فرکانس مورد استفاده قرار گرفت.

منابع

- [1]- IEEE Std 1553, "IEEE standard for voltage-endurance testing of form-wound coils and bars for Hydrogenerators"
- [2]- IEEE Std 1043, "IEEE recommended practice for voltage-endurance testing of form-wound bars and coils"
- [3]- M.R.Naghashan, "Experiments for the Life Assessment of Generator Bars", IEEE International Symposium on Electrical Insulation, ISEI2004, Indianapolis, USA
- [4]- M.R. Naghashan, D. Hekmatshoar, "A thermal model for water-cooled generator bars using laboratory test results", The 2006 International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS 2006), November 2006, Nagasaki, Japan
- [5]- M.R. Naghashan, H. Zareie, B.Anvary, "PD-Source Recognition in Generator Bars using a High-Voltage Coaxial-Type High-Pass Filter", IEEE Electrical Insulation Conference, Canada, 2007
- [۶]- حسین زارعی، محمدرضا نقاشان، "اندازه گیری و مقایسه پالس سه نوع تخلیه الکتریکی جزئی در شینه ماشین های فشارقوی در حوزه زمان و فرکانس"، کنفرانس مهندسی برق ایران، دانشگاه شیراز، ۱۳۸۲